

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenl gungsschrift
⑩ DE 42 10 402 A 1

⑤① Int. Cl.⁵:
H 01 L 29/91

②① Aktenzeichen: P 42 10 402.5
②② Anmeldetag: 30. 3. 92
②③ Offenlegungstag: 1. 10. 92

DE 42 10 402 A 1

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①
29.03.91 JP P 3-66482

⑦① Anmelder:
Kabushiki Kaisha Kobe Seiko Sho (Kobe Steel Ltd.),
Kobe, JP

⑦④ Vertreter:
Tiedtke, H., Dipl.-Ing.; Bühling, G., Dipl.-Chem.;
Kinne, R., Dipl.-Ing.; Pellmann, H., Dipl.-Ing.; Grams,
K., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦② Erfinder:
Kobashi, Koji; Miyata, Koichi; Nishimura, Kozo,
Kobe, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Diamant-Schottky-Diode

⑤⑦ Es wird eine Diamant-Schottky-Diode angegeben mit
einem elektrisch leitfähigen Substrat, einer Mehrschicht-
Struktur aus einer halbleitenden Diamantschicht und einer
isolierenden Diamantschicht und einer Metallelektrode. Sie
hat unter Sperrvorspannung eine größere Potentialbarriere,
und sie zeigt daher bei einem kleineren Sperrstrom bessere
Gleichrichteigenschaften.

DE 42 10 402 A 1

krümmtes Energieband.

Daher hat die Grenzfläche zwischen der halbleitenden Diamantschicht P des p-Typs und der isolierenden Diamantschicht I eine hohe Potentialsperre, die verhindert, daß Löcher von der Metallelektrode M zu der halbleitenden Diamantschicht P des p-Typs transportiert werden. Außerdem hat die isolierende Diamantschicht I ein gleichförmiges elektrisches Feld, wodurch die in die Schicht eingetretenen Löcher verlangsamt werden.

Unter einer Durchlaßvorspannung, bei der die Metallelektrode M negativ ist, wie in Fig. 2(a) gezeigt, ist das eingebaute Scheinpotential der halbleitenden Diamantschicht P des p-Typs verringert, und die in die isolierende Diamantschicht I eingetretenen Löcher werden durch das elektrische Feld beschleunigt. Infolgedessen unterliegen die Löcher dem Transport zur Metallelektrode. Unterdessen unterliegen Elektronen infolge der Potentialsperre Φ_{b2} an der Grenzfläche zwischen der Metallelektrode M und der isolierenden Diamantschicht I weniger dem Transport.

Beispiele

Die vorliegende Erfindung wird im einzelnen unter Bezugnahme auf die folgenden Beispiele beschrieben.

Beispiel 1

Eine Diamant-Schottky-Diode, wie sie in Fig. 1 gezeigt ist, wurde nach der folgenden Arbeitsweise hergestellt:

- 1) Ein Siliziumsubstrat von geringem Widerstand (spezifischer Widerstand: weniger als $1\Omega\cdot\text{cm}$; Größe: $20\text{ mm} \times 10\text{ mm}$) wurde etwa 1 Stunde mit Diamantpaste mit einem mittleren Teilchendurchmesser von $0,25\text{ }\mu\text{m}$ poliert. Auf dem Siliziumsubstrat 1 wurde durch Mikrowellen-Plasma-CVD eine B-dotierte, polykristalline, halbleitende Diamantschicht 2 des p-Typs von $1,5$ bis $3\text{ }\mu\text{m}$ gebildet. Als Reaktionsgas diente ein Ausgangsgas aus einem $\text{CH}_4\text{-H}_2$ -Gemisch (CH_4 -Konzentration: $0,5\%$), dem das Dotierungsgas Diboran (B_2H_6) (verdünnt mit H_2) in einer Konzentration von $0,1\text{ ppm}$ zu der gesamten Gasströmungsgeschwindigkeit von 100 sccm zugesetzt war. Die Reaktionszeit betrug 7 bis 14 Stunden.
- 2) Auf der halbleitenden Diamantschicht 2 des p-Typs wurde durch Mikrowellen-Plasma-CVD eine isolierende Diamantschicht 3 gebildet. Als Reaktionsgas diente ein Ausgangsgas aus $\text{CH}_4\text{-H}_2$ -Gemisch (CH_4 -Konzentration: $0,5\%$), dem Sauerstoff in einer Konzentration von $0,1\%$ zu der gesamten Gasströmungsgeschwindigkeit von 100 sccm zugesetzt wurde. Es erforderte 30 und 60 Minuten, um die isolierende Diamantschicht 3 von etwa $0,05\text{ }\mu\text{m}$ bzw. $0,1\text{ }\mu\text{m}$ Dicke zu bilden. Auf der isolierenden Diamantschicht 3 wurde unter Verwendung einer Magnetron-Zerstäubungsapparatur eine Al-Elektrode 4 mit einem Durchmesser von $100\text{ }\mu\text{m}$ gebildet. Zum Vergleich wurde die gleiche Arbeitsweise wie oben angegeben wiederholt, wobei jedoch die isolierende Diamantschicht 3 nicht gebildet wurde und die Al-Elektrode auf der halbleitenden Diamantschicht 2 des p-Typs gebildet wurde.
- 3) Dann wurde das Siliziumsubstrat 1 unter Benutzung einer Säge (dicing saw) zu einzelnen Chips

von $5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ geschnitten. Jeder Chip wurde etwa 5 Minuten in Schwefelsäure auf 80°C erwärmt, um organische Rückstände zu entfernen, und mit reinem Wasser gewaschen. Anschließend wurde der Chip jeweils 5 Minuten einer RCA-Reinigung mit $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ und $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$ unterworfen, um Schwermetalle und alkalische Rückstände zu entfernen. Schließlich wurde der Chip mit reinem Wasser gewaschen und 5 Minuten in einem Ofen bei 120°C getrocknet. 4) Eine aus einer Kupferplatte gebildete ohmsche Elektrode 5 wurde mit einer Silberpaste an die Rückseite des Siliziumsubstrats 1 gebunden.

Die so erhaltenen Diamant-Schottky-Dioden wurden unter Benutzung eines Prüfgeräts bei Raumtemperatur (etwa 24°C) auf ihr Strom-Spannungsverhalten (I-V-Kurve) geprüft. Die Ergebnisse sind in den Fig. 3 bis 6 gezeigt: Fig. 3 ist eine I-V-Kurve der Probe mit einer etwa $0,05\text{ }\mu\text{m}$ dicken, isolierenden Diamantschicht. Fig. 4 ist eine I-V-Kurve der Probe mit einer etwa $0,1\text{ }\mu\text{m}$ dicken, isolierenden Diamantschicht. Fig. 5 ist eine unterschiedliche Darstellung der I-V-Kurve der Fig. 4, wobei der Strom logarithmisch und die Spannung linear aufgetragen sind. Fig. 6 ist eine I-V-Kurve der Bezugsprobe ohne eine isolierende Diamantschicht.

Aus den Fig. 3 und 4 ist ersichtlich, daß die Diamant-Schottky-Diode bei diesen Beispielen in dem Gleichrichtverhalten verbessert ist, wobei der Strom in Sperrrichtung im Vergleich mit der in Fig. 6 gezeigten Bezugsprobe stark verringert ist. Ferner wird der Strom in Sperrrichtung verringert, wenn die Dicke der isolierenden Diamantschicht 3 vergrößert wird. In diesem Beispiel wird der minimale Sperrstrom bei der Probe mit der isolierenden Diamantschicht 3 von etwa $0,1\text{ }\mu\text{m}$ erreicht, die durch die Umsetzung während 60 Minuten gebildet wurde. Die in Fig. 4 gezeigte I-V-Kurve ist erneut in Fig. 5 dargestellt, wobei der Strom logarithmisch und die Spannung linear aufgetragen sind. Wie aus der Fig. 5 ersichtlich ist, ist der Strom in Sperrrichtung für eine Messung mit dem benutzten 1-V-Analysator zu klein. Die Sperrstromdichte war nach dem Meßbereich schätzungsweise kleiner als $1,3 \times 10^{-9}\text{ A/cm}^2$. Das vorgenannte Strom-Spannungsverhalten zeigt, daß die Diamant-Schottky-Diode als hauptsächliche Ladungsträger Löcher hat.

Theoretisch sollte die Diamant-Schottky-Diode angemessen funktionieren, wenn die isolierende Diamantschicht 3 eine Dicke hat, die das Mehrfache der de Broglie-Wellenlänge des Loches beträgt. In diesem Beispiel könnte der Sperrstrom in der Probe mit einer etwa $0,1\text{ }\mu\text{m}$ dicken, isolierenden Diamantschicht 3 verringert werden, die durch 60-minütige Umsetzung gebildet wurde. Dies legt nahe, daß die isolierende Diamantschicht 3 kontinuierlich in einer gewissen Dicke auf der polykristallinen, halbleitenden Diamantschicht 2 des p-Typs gebildet werden muß, die eine verhältnismäßig rauhe Oberfläche hat.

Wenn andererseits die isolierende Diamantschicht 3 übermäßig dick ist, wird an ihr ein großer Spannungsabfall eintreten. Infolgedessen wird die an die halbleitende Diamantschicht 2 des p-Typs angelegte Spannung für eine Änderung des eingebauten Potentials der Schicht zu klein, so daß das ideale Strom-Spannungsverhalten erreicht wird. Die zulässige maximale Dicke der isolierenden Diamantschicht 3 beträgt etwa $10\text{ }\mu\text{m}$.

Da die isolierende Diamantschicht 3 aus einem Ausgangsgas aus $\text{CH}_4\text{-H}_2$ -Gemisch mit zugesetztem Sauer-

— Leerseite —

Fig. 2

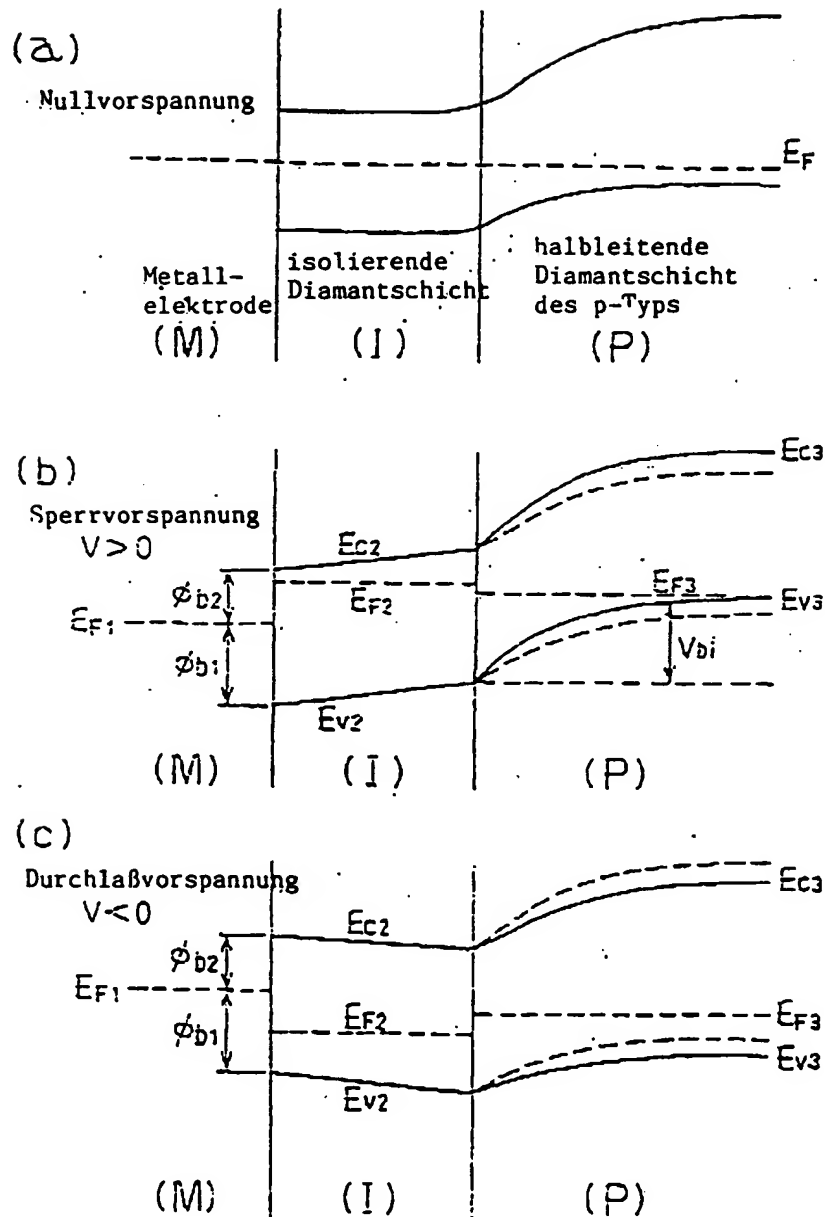


Fig. 5

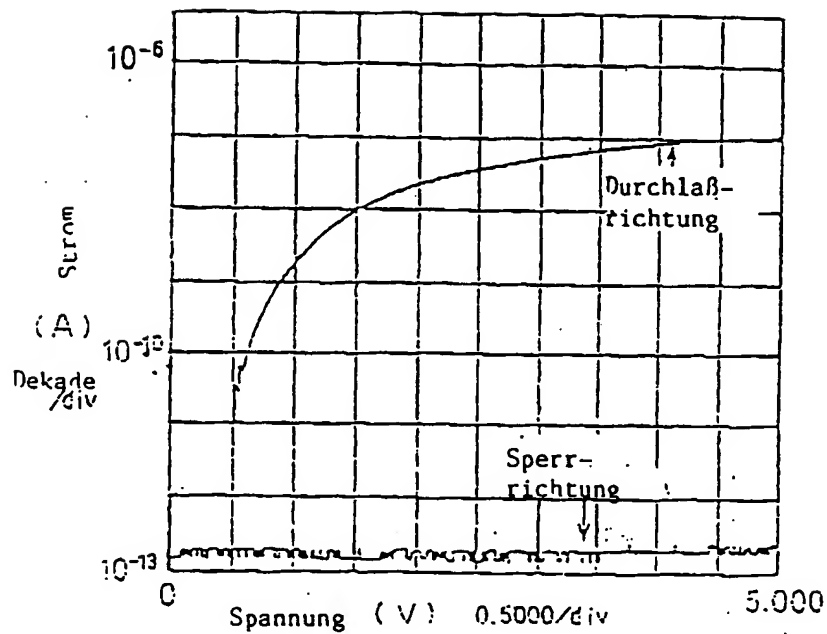


Fig. 6

